

كلية الهندسة الزراعية

السنة الثالثة

الفصل الأول

خصوبة

نظري

المحاضرة 6-7

28

المحاضرة السادسة : الفوسفور والكبريت في التربة

الفوسفور في التربة والنبات:

الجوانو: (ذرق الطيور المائية) مادة نتجت عن تحلل الحيوانات الضخمة ومخلفاتها ، ترسبت وتحللت وبقت العظام فيها مادة غنية ب P..

كمية الفوسفور في التربة:

تقدر كميته بنحو $١٠^{١٩}$ طن منها $١٠^{١٥}$ موجودة في القشرة الأرضية بصورة مؤكسدة يكون الفوسفور فيها خماسي التكافؤ متحدا مع الأوكسجين ليعطي بلا ماءات حمض الفوسفور P_2O_5.

ما هي العوامل التي تحدد كمية الفوسفور؟ هام

١. **الصخرة الأم:** الترب الناشئة فوق صخور كلسية تحتوي عادة على كمية من الفوسفور تفوق الكمية الموجودة في الترب الناشئة فوق صخور حامضية أو صخور غير كلسية ويعود ذلك إلى أن الصخور الكلسية تحتوي على بقايا حيوانية وهذه البقايا تحتوي على الفوسفور.
٢. **المادة العضوية:** تعمل على زيادة كمية الفوسفور الكلي في التربة.
٣. **الظروف المناخية :** ولاسيما زيادة الهطل تعمل على حركة الفوسفور في مقطع التربة فيمكن أن يكون تركيزه في طبقة تحت التربة أعلى من تركيزه في الطبقة السطحية في ظروف معينة بسبب تحرره من الصخور. أما في الترب الزراعية المسمدة جيدا في المناطق الجافة فإن تركيز المتاح منه يكون أعلى في طبقة الحراثة مقارنة بما تحتها.
٤. **النباتات:** تعمل بالامتصاص على زيادة تركيزه في السطح.

تقدر كمية الفوسفور في التربة ما بين ٠,٢٢ إلى ٠,٠٨٣% وفي حالات نادرة قد تصل إلى ٠,٤% فوسفور كلي.

ما هي المركبات الفوسفورية في التربة؟

يوجد شكلين:

١. عضوي
٢. لا عضوي (معدني)

تختلف نسبة كل منهما إلى الأخر باختلاف نوع التربة.

الشكل العضوي: نسبته ما بين ٣% إلى ٧٥% من كمية الفوسفور الكلي الموجودة في التربة.

الشكل اللاعضوي: نسبته ما بين **٢٥** و **٩٧**% من الفوسفور الكلي.

المركبات الفوسفاتية المعدنية في التربة:

تقسم إلى مجموعتين:

الأولى: **تضم فوسفات الترب الكلسية والدولوميتية.** وأكثر أشكال الفوسفات الموجودة في هذه الترب استقرارا هو الأباتيت والفوسفات ثلاثية المغنيزيوم.

تعد معادن الأباتيت من أكثر الفوسفات انتشارا في الطبيعة فهي تشكل الأصل المعدني لنمو ٩٥% من فوسفور التربة.

أما المركبات الأبسط مثل فوسفات أحادية وثنائية الكالسيوم أو المغنيزيوم فهي قابلة لإفادة النبات (الفوسفات الثلاثية غير متاحة للنبات).

الثاني: **فوسفات الترب الحامضية**: تضم الأملاح الفوسفاتية لكل من الحديد والألمنيوم.

المركبات الفوسفورية العضوية في التربة:

يوجد الفوسفور العضوي في المادة العضوية الحية والميتة. ويعد الفيتين أكثر المركبات العضوية الفوسفورية نسبة في التربة. وتحتوي على الحموض النووية والبروتينات النووية التي تحتوي على الفوسفور، تنفسخ هذه المركبات بفعل الأنزيمات.

وتتم هذه العملية بسرعة لأن الكائنات الحية تحتاج الفيتين وكذلك البروتينات النووية ويتحرر من عملية التفسخ كميات حمض الأورثوفوسفوريك.

النبات يمتص بعض المركبات الفوسفورية بشكلها العضوي مثل الفيتين والحموض النووية ليستعملها مصدرا للفوسفور.

صور الفوسفور في التربة:

ماهي علاقة PHالوسط بتأين حمض الفوسفور أو ما هي علاقة PH التربة وصور الفوسفور في التربة.

ثلاث ذرات هيدروجين قابلة للتأين تحت ظروف حامضية مختلفة فالهيدروجين الأول يتأين بالكامل عند PH=4، ويبدأ الهيدروجين الثاني بالتأين بدءا من PH=5 أما الهيدروجين الثالث فلا يتأين إلا عند PH أكبر من ١٠.

ما هي أشكال الفوسفات في التربة؟

١. **فوسفات ذائبة في محلول التربة:** يستطيع النبات امتصاص هذا النوع إذا كانت ظروف التربة الكيميائية تسمح بذلك وهي تقع ما بين ٠,١ – ١,٥مغ P_2O_5 في ليتر من محلول التربة.

٢. **فوسفات متبادلة:** يقصد بها الفوسفات الممتزة مباشرة على هيدروكسيدات الحديد أو الألمنيوم أو المرتبطة بمعادن الغضار أو بالدبال بجسور كلسية أو حديدية. ويستفيد النبات عادة من الفوسفات المتبادلة لأنها مع الذائبة تشكل الحوض الغذائي للنبات.

٣. **فوسفات متبادلة بصعوبة:** يقصد بها الفوسفات المرتبطة بهيدروكسيدات الحديد أو الألمنيوم أو المنغنيز بالأراضي الحامضية. وتثبت هذه المركبات الفوسفات بقوة أكبر من القوة التي لها علاقة تثبت بها معادن الغضار (الطين).

٤. **فوسفات مرتبطة:** يقصد بها الفوسفات المرتبطة بالحديد و الألمنيوم في الترب الحامضية وبالكالسيوم والمغنيزيوم في الترب الكلسية وكذلك الفوسفات التي تدخل في تكوين الشبكة البلورية للمعادن الفوسفاتية التي لم تتأثر بعمليات التجوية.

وتتوقف إفادة النبات من هذه الفوسفات على تغيرات PH الوسط وكمية المادة العضوية والنشاط البيولوجي في التربة.ونوع المزروعات

ما هي العوامل المؤثرة في ديناميكية الفوسفات في التربة؟

١. **تفاعل التربة PH:**_هناك علاقة وثيقة بين شكل أنيون الفوسفات و PH الوسط.

توجد شوارد الفوسفات في التربة على **ثلاثة أشكال** هي:

١) أحادية التكافؤ $H_2PO_4^-$

٢) ثنائية التكافؤ HPO_4^{-2}

٣) ثلاثية التكافؤ PO_4^{-3}

وعلى PH الوسط يتوقف وجود شكل أو أخر من هذه الأنيونات. ففي PH ما بين ٤ و ٩ توجد هذه الأنيونات أحادية وثنائية التكافؤ.

ويكون الأنيون $H_2PO_4^-$ بأعلى تركيز له عند PH=4 وينخفض هذا التركيز تدريجيا بارتفاع درجة ال PH حتى تصل الصفر عند PH=9.

تركيز الأنيون الثنائي بعكس تركيز الأنيون الأحادي إذ يظهر عند رقم PH مساوي للصفر إلى 4 = PH ويصل ذروته عند PH مساويا ٩ ويتساوى تركيز الأنيونات الأحادية والثنائية تقريبا عند رقم PH مساوي ٧,٢.

ويظهر الأيون الثلاثي من الفوسفات بين PH ٩ و ١٠ (وهو غير متاح للنبات) ويعد الأنيون الأحادي أكثر إفادة للنبات نوعا من الأنيون الثنائي وذلك مرتبط بوجود أو غياب الأيونات الأخرى كالحديد والألمنيوم والكالسيوم التي تؤثر في قابلية إفادة هذه الأنيونات للنبات.

٢. الحديد والألمنيوم والمنغنيز:

توجد هذه العناصر في الأراضي شديدة الحموضة على شكل ذائب في محلول التربة.

يكون الفوسفور فيها غير ذائب وغير صالح لإفادة النبات ماعد كميات ضئيلة من الأنيونات الأحادية ، ويقع أنسب PH لبقاء شوارد الفوسفات بحالة ذائبة بين ٦,٥ – ٧,٥.

٣. الكالسيوم والمغنيزيوم (الترب الكلسية):

تحتوي الترب الكلسية على كميات وافرة من الكالسيوم والمغنيزيوم ومركبات هذه العناصر خاصة المركبات الكربوناتية وفي مثل هذه الظروف تتفاعل أنيونات الفوسفات مع الكالسيوم والمغنيزيوم أو كربوناتها وتكون نواتج هذه التفاعلات مركبات فوسفاتية غنية بالكالسيوم أو المغنيزيوم غير ذوابة وغير قابلة لإفادة النبات.

فسر تحول السوبر فوسفات لصورة غير فعالة غير فعالة؟؟ توضح ذلك التفاعلات التالية:

$$Ca(H_2PO_4)_2 + 2Ca+ \rightarrow Ca_3(PO_4)_2 + 4H^+$$

فوسفات ثلاثية الكالسيوم غير ذوابة سوبر فوسفات ذوابة

$$2Ca\,co_3 + Ca(H_2PO_4)_2 \rightarrow Ca_3(PO_4)_2 + 2CO_2 + 2H_2O$$

فوسفات ثلاثية الكالسيوم سوبر فوسفات ذوابة كالسيت

وتتحول الفوسفات ثلاثية الكالسيوم الناتجة إلى أشكال أخرى غير ذوابة مثل هيدروكسيل أباتيت

٤. **المادة العضوية:**_توجد في التربة مركبات عضوية مختلفة تحمل شحنة سالبة منها الحموض العضوية والمركبات ذات الشحنة السالبة الأخرى ويطلق عليه مجموع هذه المركبات الهيومية الأنيونات العضوية في الأراضي الكلسية إلا أن إضافة السماد البلدي مع السوبر فسفات يزيد من قابلية إفادته مقارنة بإضافة السوبر فوسفات وحده.

٥. **مستوى الرطوبة**: تسبب رطوبة التربة عن طريق تخفيف المحلول الأرضي زيادة كمية الفوسفات الموجودة في المحلول الأرضي وبالتالي زيادة امتصاص النبات للفوسفات.

زيادة الرطوبة ← زيادة كمية الفوسفات ← زيادة امتصاص النبات للفوسفات.

<u>الفوسفور العضوي</u>: يعد الفوسفور العضوي جزء من المادة العضوية. ويؤلف التسميد الذاتي الناتج عن تمعدن الفوسفور العضوي وعودة الفوسفور المعدني إلى التربة بقايا نباتية الوسيلة الرئيسية التي ترفع مستوى الفوسفور القابل للإفادة من منخفض إلى مستوى عال نسبيا في التربة.

امتصاص النبات للفوسفور: يعد محتوى الفوسفور في النبات منخفضآ اذا قورن بالآزوت او البوتاسيوم ، ويتركز الفوسفور في البذور ويقل تركيزه في السوق والجذور وتحتوي الأوراق على كمية متوسطة منه

تختلف أنواع النباتات بقدرتها على امتصاص الفوسفات من الأشكال قليلة الذوبان ، وقد وجد أن البقوليات كالفصة والبرسيم تستخلص كميات أكبر من الفوسفور الموجود في الصخر الفوسفاتي من الاعشاب

دور الفوسفات في النبات:

يدخل الفوسفور في كثير من المركبات العضوية في النبات. فهو موجود في الجذور على هيئة فيتين يعطي بالتحليل المائي الأنزيمي عند إنبات البذور فوسفات معدنية تستعملها النباتات.

كما يوجد الفوسفور في البذور على شكل دهون فوسفورية ويدخل كذلك في تركيب الحموض النووية والبروتينات النووية الموجودة في الكروموزومات النباتية. لذلك يؤدي الفوسفور دورا مهما في انقسام الخلايا النباتية.

وله دور بالغ الأهمية بأنه يدخل في تركيب الأنزيمات التي تسير تفاعلات التمثيل الغذائي ويؤدي دورا مباشرا في توليد الطاقة لأن الفوسفات المرتبطة ببعض المركبات العضوية المولدة مثل أدنوسين ثلاثي الفوسفات (ATP).

تأثير الفوسفور في النمو النباتي:

١- تأثير الفوسفور في النمو الجذري:

← إذا قصد بالجذور أنسجة التخزين في المحاصيل الجذرية فإن تزويد النبات بالفوسفور عن طريق الأسمدة يزيد من النمو الجذري أكثر مما يزيد من نمو الأجزاء العلوية للنبات نتيجة انتقال الكربوهيدرات إلى الأنسجة المخزنة مدة أطول في النباتات المزودة بالفوسفور منها في النباتات المفتقرة للفوسفور.

← أما إذا قصد بالجذور الأعضاء الماصة للنبات فإن تزويد النبات المفتقر للفسفور يغطي احتياج الأجزاء العلوية أكثر من تأثيره في الجذور الماصة للنبات.

٢- تأثير الفوسفور في موعد النضج:

← للفسفور علاقة في موعد النضج النباتي إذ يتأخر النمو النباتي عند نقص الفوسفور القابل للإفادة في التربة. فعند توفر الفوسفور القابل للإفادة تمتص النباتات الفتية الفوسفور بسرعة في المراحل الأولى للنمو.

← توافر الفوسفور في المراحل الأولى لحياة النبات يؤدي إلى النم والتطور النباتي السريع وينضج النبات في وقت مبكر.

٣- أثر الفوسفور في مقاومة الصقيع:

← إن تغذية النباتات بصورة جيدة بالفوسفور يرفع من مقاومتها للبرد إذ أن التغذية الجيدة بالعناصر المعدنية يزيد من قدرة النباتات على احتباس الماء الخلايا وهذا ينطبق أيضا على مقاومة النبات للجفاف بحيث يصبح محتوى عصارة الأنسجة من الماء منخفض نسبيا أي أن تركيز الأملاح يرتفع الأملاح يرتفع لذلك تأخذ النباتات وضعا يسمح لها بمقاومة انخفاض درجة الحرارة..

أعراض نقص الفوسفور:

تظهر أعراض نقص الفوسفور على الجزء الهوائي والجذري للنباتات فتصبح الأوراق صغيرة.ضيقة متطاولة حيث يصبح نموها الجانبي محددا وتأخذ اللون البرونزي أو الأخضر المزرق وأحيانا اللون القرمزي وقد تأخذ اللون الأحمر في بعض الأحيان.

*اعراض النقص على **البطاطا** تحترق حافات الأوراق القديمة وتتثقب وتجف وتتلون الأوراق باللون البرونزي.

*على **النجيليات** (قمح ، شعير ، شوفان) تتلون الأوراق باللون الأرجواني مع الاحمرار وتظهر هذه الألوان على الخطوط الموازية للعروق.

*وعلى الذرة تظهر نفس أعراض النجيليات إلا أن نصل الورق يأخذ اللون الأرجوان البنفسجي خطوط متوازية للعرق أحمر أرجواني.

*على الحمضيات تؤدي أعراض النقص الشديد إلى اصفرار الأوراق في طور متأخر من النمو وتظهر الأعراض على الأوراق السفلية ثم تمتد إلى الورقة العلوية.

بعض أهم الوظائف الحيوية للفوسفور في الحيوانات: (او الإنسان نفس التركيبة)

- يدخل الفوسفور في تركيب العظام والاسنان

- يساهم الفوسفور في عملية تكوين البروتينات والدهون الفوسفورية والحموض العضوية داخل أنسجة الحيوان
- يساهم الفوسفور في تفاعلات استقلاب الكربوهيدرات داخل جسم الحيوان ويساهم في تكوين السكريات السداسية وجزيئات ATP الحاملة للطاقة

أعراض نقص الفوسفور عند الحيوانات تتجلى بالتالي:

- الكساح عند الحيوانات الصغيرة النامية
- لين العظام في الحيوانات البالغة
- فقد الشهية في تناول العلف
- الشهية الشاذة (حيث تتناول الحيوانات مواد غريبة كالورق والخشب والخرق والبلاستيك)

ضعف النمو في الحيوانات الصغيرة وتصلب المفاصل وظهور ضعف عام في الحيوانات البالغة وتدهور الخصوبة وتعدد حالات الإجهاض وكذلك انخفاض إنتاج الحليب في الأبقار والبيض في الطيور

الأسمدة الفوسفاتية:

١. **الفوسفات الطبيعية المطحونة معدن الأباتيت $Ca_{10}(PO_4)_6F_2$:** لا يذوب في الأراضي الكلسية والقلوية وتسمى فلور أباتيت ويمكن أن يحل أيون الكلور بدلا عن الفلور لتشكل كلور أباتيت أو بجذور OH^- فتسمى هيدروكسي أباتيت أو CO_3^- فتسمى كرونات أباتيت تستعمل في تسميد الترب الحامضية والترب غير الكلسية الميالة للحموضة
٢. **السوبر فوسفات العادي أو البسيط: (ما هو مبدأ التصنيع):** يصنع هذا السماد من مفاعلة الأباتيت مع حمض الكبريت وتتحول الشوائب المعدنية الأخرى الموجودة في الخام إلى سلفات غالبا قابلة للذوبان وتبلغ نسبة P_2O_5 في السوبر فوسفات العادي ما نحو ٢٠%.
٣. **السوبر فوسفات ثلاثي:** يصنع هذا السماد من مفاعلة الأباتيت مع حمض الفوسفور من أجل رفع تركيز P_2O_5 في السماد إذ يتغير ٤٦% و ٥٠%.

٤. **السوبر فوسفات المخصبة والمحسنة:** يصنع هذا السماد من استبدال جزء من حمض الفوسفور بحمض الكبريت المستعمل في صناعة السوبر فوسفات العادي فيحصل بهذه الطريقة على سوبر فوسفات عادية محسنة تحتوي P_2O_5 بنسبة ٢٥ – ٣٥% محدودة الاستخدام بسوريا.

٥. **السوبر فوسفات الأمونياكية:** تحوي P و N (مبدأ) تحضير هذا السماد من معاملة الأسمدة الفوسفاتية (السوبر فوسفات العادي أو السوبر فوسفات الثلاثي) بالأمونيا NH_3 أو بمحلول أزوتي

٦. **الفوسفات ثنائية الأمونيوم:** يتوقف محتوى هذه الفوسفات من N ، P_2O_5 على الطريقة المتبعة في التصنيع وتحتوي على العناصر السمادية [P_2O_5(46)، N(28)].

٧. **الفوسفات أحادية الأمونيوم MAP $NH_4H_2PO_4$:** فوسفات الأمونيوم التقليدية هي الفوسفات ثنائية الأمونيوم DAP التي تحتوي (N – P – K) (0 – 46 – 28) في حين أن الفوسفات أحادية احادية الأمونيوم MAP تعد سمادا غير كامل وغير متوازن غنيا جدا بالفوسفور فقيرا بالأزوت مقارنة بالثنائية.

٨. **بولي فوسفات الأمونيوم:** يستعمل هذا السماد في تحضير الأسمدة لأنه أكثر ذوبانا من فوسفات الأمونيوم الأحادية والثنائية ، ويحضر بصورة سائلة.

.

٩. **<u>النتروفوسفات:</u>** تحضر هذ الأسمدة من مفاعلة الفوسفات الطبيعية مع حمض الأزوت ويتم التفاعل كما يلي:

$$Ca(PO_4)_2 + 4HNO_3 \rightarrow [\ Ca(H_2PO_4)_2 + 2Ca(NO_3)_2]$$

نترات كالسيوم فوسفات أحادية Cu

١٠. **الأسمدة المزدوجة الفوسفاتية والبوتاسية (PK):** تحضر هذه الأسمدة بسهولة من خلط الأسمدة الفوسفاتية والبوتاسية في حين تحتاج الأسمدة المزدوجة (NP) إلى تصنيعها في معامل ضخمة..

١١.**حمض متعدد الفوسفور:** ينتج من تركيز حمض الفوسفور H_3PO_4 حتى تحصل على مادة فعالة تصل إلى **٧٢,٥%** من P_2O_5 وتحدث عمليات بلمرة للحمض

مبادئ التسميد الفوسفاتي:

الأسمدة الفوسفاتية المضافة للترب الزراعية تكون بصورة قابلة لإفادة النبات PH قريب من التعادل (٦,٥ – ٧,٥) أما في الترب الكلسية والترب شديدة الحموضة فإن أسمدة الفوسفات المضافة تثبت بمكونات هذه الترب وتصبح غير قابلة للذوبان وغير صالحة لإفادة النبات.

وتتجلى مبادئ التسميد الفوسفاتي بما يلي:

١. **التسميد الأساسي:** التسميد الذي يهدف إلى إضافة الأسمدة الفوسفاتية للتربة حتى يصل تركيز الفوسفات إلى مستوى معين يتفق ما تشير إليه التحاليل الكيميائية للتربة ويهدف لإغناء التربة بالفوسفات وتكون كمية السماد الأساسي المضافة أكبر مما تستهلكه المحاصيل الزراعية وخاصة في الترب الفقيرة بعنصر الفوسفور والغرض من هذه الإضافة جعل التربة غنية بالفوسفور.

يضاف السماد تسميد الأساس P على عدة دفعات في الترب الكلسية؟؟ لكي لا يثبت بواسطة Cu.

٢. **تسميد الصيانة:** يهدف هذا التسميد إلى المحافظة على غنى التربة بالفوسفور وتأمين حاجة المحاصيل الزراعية فيه.

٣. **شروط استعمال الأسمدة الفوسفاتية:**

١. تحتاج المحاصيل سريعة النمو قصيرة العمر ذات المجموع الجذري المحدود إلى سماد فوسفاتي سريع الذبان بالماء للحصول على أفضل عائد وتسميد هذه المحاصيل بأسمدة فوسفاتية ذوابة بالسترات دون الماء يعطي الفائدة المرجوة فيه.

٢. عند عدم توفر كمية من الأسمدة الفوسفاتية يفضل الحصول على استجابة جيدة من المزروعات بأن يكون الجزء الأكبر من الفوسفات الموجودة في السماد قابلة للذوبان

في الماء وأن يضاف السماد بشكل شريط تحت جذور النبات أو قريب منها ولاسيما في التربة الفقيرة بالفوسفات.

٣. للحصول على استجابة نتيجة اضافة الأسمدة الفوسفاتية يجب أن تتوافر العناصر الغذائية الأخرى بشكل متزن، وأن امتصاص النبات واستعماله شوارد الفوسفات ازداد عند توافر شوارد السلفات والأمونيوم في السماد.

٤. تختلف استجابة المحاصيل الزراعية للمصادر المختلفة من الأسمدة الفوسفاتية حسب نوع التربة وظروفها وتبقى دائما الفوسفات قابلة للذوبان بالماء والسترات في السماد قابلة لإفادة النبات.

٥. إضافة السماد الفوسفاتي المحبب الذي يحتوي نسبا مرتفعة من خماسي أكسيد الفوسفور القابل للذوبان بالماء في الأراضي الحامضية أفضل من إضافة السماد الناعم على كامل كتلة التربة المشغولة بالجذور، وأن اضافة السماد الفوسفاتي الناعم بشكل شريط في الأراضي الحامضية يعطي نتائج أفضل من إضافتها وخلطها بالتربة.

٦. في الأراضي الكلسية تعطي الأسمدة الفوسفاتية المحببة القابلة للذوبان بدرجة عالية نتائج جيدة عند إضافتها لمثل هذه الترب بأي طريقة.

أما الأسمدة الفوسفاتية قليلة الذوبان فإنها تعطي نتائج أفضل عند طحنها وخلطها جيدا في التربة.

٧. تقل فاعلية الأسمدة الفوسفاتية ضعيفة الذوبان بالماء كلما ازداد حجم حبيبات السماد المستعمل لذا يفضل دائما إضافة مثل هذه الأسمدة بشكل مسحوق يخلط مع التربة.

نهاية المحاضرة السادسة

المحاضرة السابعة :

الكبريت في التربة والنبات:

صور الكبريت وكميته في التربة:

١. **الكبريت العضوي:** يوجد الكبريت في التربة بشكل عضوي في البروتينات النباتية بنسبة (٢,٤ – ٠,٣%) وفي بعض الحمض الأمينية الأساسية كالسيسيتئين و الميثونين ويتحول إلى الشكل المعدني عند تفسخ المادة العضوية في التربة.

٢. **الشكل المعدني:** يوجد بصورة بيريت FeS_2 يتحول عند تأكسده إلى كبريتات ويمكن أن يتحول إلى كبريتات بفعل الكائنات الحية الدقيقة إذ تتم هذه التفاعلات في وسط جيد التهوية. أما في الوسط المشبع بالرطوبة الفقيرة بالمادة العضوية والرملية فلا تتم عملية الأكسدة لأن الكبريتات الموجودة تفقد ما يرتبط بها من أكسجين متحولة إلى صورة مختزلة بأخذ النبات الكبريت من التربة على شكل كبريتات SO_4^{-2}.

سلوك الكبريت في التربة:

تعد الكبريتات الذائبة SO_4^{-2} الشكل القابل لإفادة النبات من الكبريت، ويتحرر الكبريت الموجود قي المادة العضوية على شكل كبريتات عند تحللها.

ينتج عن إضافة الكبريتات بصورة كبريتات حديد أو ألمنيوم حمض الكبريت بعملية التحلل المائي. وتتحول الكبريتات الأمونيوم إلى حمض الكبريت وحمض النتريك لذا تضاف مثل هذه الأسمدة إلى التربة لزيادة حموضتها.

إن خفض رقم PH التربة القلوية عند إضافة الجبس لإصلاحها يعزلا لإزالة الصوديوم المسبب للقلوية ولرفع PH التربة.

إن إضافة كبريتات الكالسيوم لترب تفتقر إلى الكبريت أو الكالسيوم يمكن أن تزيد من النشاط البيولوجي في التربة وزيادة النشاط البيولوجي يمكن أن يزيد من كمية المواد القابلة للذوبان في محلول التربة.

محتوى الكبريت في النبات:

تحتوي النباتات بصورة متوسطة على نسبة من الكبريت تقع بين ٠,١ – ٠,٢٥% من المادة الجافة لكن هناك بعض الأنواع النباتية تحتوي على نسب تزيد على ذلك.

فأوراق التبغ تحتوي على ٠,٢٧% والبقوليات ٠,٥% ونباتات العائلة الصليبية ٠,٩%.

دور الكبريت في النبات:

يدخل في تركيب الكثير من المواد العضوية النباتية كالحموض الأمينية مثل ميثيونين وسيستيئين والهرمونات النباتية مثل الثيامين والبيوتيت، وبعض المركبات الطيارة.

وللكبريت تأثير في تشكيل العقد الجذرية على جذور البقوليات وأن الكبريت لا يدخل في تركيب الكلورفيل إلا أن له تأثيرا في تصنيع الكلورفيل لأن حرمان النبات من الكبريت يؤدي إلى ظهور الشحوب.

أعراض نقص الكبريت:

تظهر أعراض نقص الكبريت بشكل خاص في الأراضي المناطق الرطبة الفقيرة ، وتظهر أعراض النقص على النبات بشحوب الأوراق وتحول لونها إلى أخضر شاحب مصفر أو أصفر.

ولا تموت الأوراق بصورة عامة حتى في حالات نقص الكبريت الشديدة وقد يظهر على الأوراق السفلية احمرار يبدأ في عروق الورقة وينتشر إلى المساحات التي بين العروق.

وتصبح السوق عند نقص الكبريت أقصر و أرفع تميل إلى تخشبها، وتعد نباتات الملفوف والزهرة والفجل والبصل نباتات ذات متطلبات **عالية** من عنصر الكبريت.

البوتاسيوم في التربة والنبات:

يعد البوتاسيوم أحد العناصر الرئيسية الكبرى الأساسية لنمو النبات وتطوره إلا أن النباتات تمتص كميات كبيرة منه لا يفوقه إلا الأزوت.

تبدي بعض النباتات شراهة في امتصاص عنصر البوتاسيوم مثل أوراق السبانخ، أوراق التبغ والفطر والبطاطا، حبوب القمح الشوندر السكري ، التمر ، البلح ، قصب السكر ، النباتات السكرية.

١. نسبة البوتاسيوم في التربة:

تقع نسبة البوتاسيوم في الترب المختلفة بين ٠,٣% وحتى ٣% ويعود اختلاف هذه النسبة إلى طبيعة الصخور والمعادن التي نشأت منها التربة أو الداخلة في تكوينها.

فالترب الطينية تحتوي على تراكيز عالية من البوتاسيوم مقارنة بالترب الرملية والترب العضوية.

٢. مكونات البوتاسيوم في التربة:

يدخل البوتاسيوم بصورة رئيسية في تركيب معادن سيليكات الألومينيوم وأهمها الفلدسبار ومنها الأورثوكلاز والميكروكلين ومجموعة الميكا البيضاء والفلوجوبيت كما يدخل البوتاسيوم في تركيب بعض المعادن ثانوية المنشأ مثل الإليت.

٣. عدد أشكال البوتاسيوم في التربة:

بناءاً على حركة البوتاسيوم في التربة على قابلية الإفادة للنبات، فإن أشكال العنصر تتوزع:

١) **البوتاسيوم المرتبط:** يقصد به البوتاسيوم الداخل في تركيب المعادن الأولية كالفلدسبار والميكا وهو صعب التحرر إلى محلول التربة لذلك فهو غير قابل لإفادة النبات.

٢) **البوتاسيوم المدمص - المتبادل:** يعني البوتاسيوم الموجود على سطوح غرويات التربة وهو يشكل الاحتياطي الأساسي للبوتاسيوم القابل لإفادة النبات، فالنبات عندما يمتص البوتاسيوم الذائب يتحرر جزء من البوتاسيوم الممتز لتحقيق أتزانا بين K الذائب و K الممتز.

٣) **بوتاسيوم ذائب:** يكون بصورة متاحة للنبات. إن تعرض المعادن الأولية البوتاسية إلى عمليات التجوية ينجم عنه تحرر البوتاسيوم المرتبط إلى محلول التربة.

٤) **الشكل المثبت : يدخل بين وريقات الطين، يتثبت بشكل غير سهل التحرر لمحلول التربة**

تثبيت البوتاسيوم: تمتص المزروعات كميات من البوتاسيوم أكبر مما تخسره التربة من البوتاسيوم المتاح وقد بينت التجارب أن مكونات التربة تحرر وبشكل مستمر كميات من البوتاسيوم المتبادل ببطيء أو المثبت خلال موسم النمو.

ظاهرة تثبيت البوتاسيوم في التربة والعوامل التي تؤثر فيها: يميل البوتاسيوم الممتز مع الزمن وحس المواقع التي يمتز عليها في غرويات التربة إلى الاستقرار بحيث يصبح بطيء التبادل وهذا النوع من البوتاسيوم يطلق عليه اسم البوتاسيوم المثبت

الترب الغنية بالأليت تحتاج لتسميد أكثر من الغنية بالكاؤلينيت لان الجزء الذي ثبتناه من البوتاسيوم يثبت مع الأليت

العوامل التي تؤثر في تثبيت البوتاسيوم:

١. **المعقدات الغروية المعدنية**

٢. **الحرارة:** . رفع درجة حرارة النظام تعمل على خلخلة الاتزان بحيث تحرر الغرويات بعضا من الأيونات الممتزة إلى محلول التربة مما يؤدي إلى انخفاض شديد للامتزاز وهذا يفسر ارتفاع تركيز محلول التربة في الفصول الحارة مما يلائم النشاط الأعظمي لنمو النبات.

٣. **تفاعل التربة PH :** كمية البوتاسيوم المثبتة ترتفع بارتفاع ph التربة ويعود ذلك الى تحرر شوارد الهيدروجين الممتز لتتحد مع شوارد الهيدروكسيل

٤. **التجفيف والترطيب:** زاد التجفيف زاد البوتاسيوم ويحصل العكس عند زيادة الرطوبة اذ يتحرر جزء من البوتاسيوم الى محلول التربة لتحقيق الاتزان

٥. **أحياء التربة:.** تمتص النباتات والأحياء الدقيقة البوتاسيوم أثناء حياتها ثم يعود إلى التربة بعد موتها وتحللها

البوتاسيوم في النبات: يقوم البوتاسيوم في النبات بأدوار فيزيولوجية متعددة تتجلى في زيادة قابلية السيتوبلازم للانتباج. وزيادة تبادل المواد في الخلايا النباتية ومقاومة الجفاف.

ما هي أهم الأدوار التي يقوم بها البوتاسيوم في النبات:

١. دور البوتاسيوم في الاستقلاب (التحول الغذائي).
٢. أثر البوتاسيوم في استعمال الماء.
٣. البوتاسيوم وتمثيل النتروجين والكربوهيدرات.
٤. البوتاسيوم والتأثير بالصقيع.
٥. البوتاسيوم وموعد النضج.

- **دور البوتاسيوم في الاستقلاب :** هناك دلائل ثابتة على أن للبوتاسيوم دورا في عملية الاستقلاب وأن معدل إنتاج السكريات يقل معدل التمثيل الضوئي وهناك ارتباط إيجابي بين محتوى النبات من البوتاسيوم ومعدل سرعة التحول الغذائي.
- **أثر البوتاسيوم في استعمال الماء:** إن أعراض نقص البوتاسيوم الأولية التي تظهر على النباتات تفقد الماء عن طريق النتح بصورة أسرع مما لو كانت مزودة بكميات كافية من البوتاسيوم والتفسير لهذا هو رقة طبقة الكيوتيكل على سطوح الأوراق النباتية الذي يسبب فقد الماء بسرعة من النباتات المفتقرة إلى عنصر البوتاسيوم.
- **البوتاسيوم وتمثيل النتروجين والكربوهيدرات:** نقص البوتاسيوم يؤدي إلى تراكم أشكال ذائبة من النتروجين في الأنسجة النباتية وقلة عائد تمثيل ثاني أوكسيد الكربون في وحدة مساحية من الأوراق وإلى سقوط الأوراق قبل نضجها.

فإنتاج المادة الجافة والنسبة المئوية للنشاء في المادة الجافة لدرنات البطاطا يقل عند افتقار نبات البطاطا إلى البوتاسيوم. ويظهر أن للبوتاسيوم علاقة بتكوين الكربوهيدرات وأن البوتاسيوم ينتقل من الأجزاء الهوائية إلى الدرنات بالنظر لاحتواء الدرنات على نسب كبيرة من البوتاسيوم وإن افتقار النبات للبوتاسيوم يقلل من الكمية المنتقلة إلى الدرنات.

تحتاج النباتات الجذرية والدرنية ل K له دور في تصنيع السكريات

- **البوتاسيوم والتأثير بالصقيع:** تتأثر النباتات المفتقرة إلى البوتاسيوم بالبرد أكثر من النبات المزود بعنصر البوتاسيوم.
- **البوتاسيوم وموعد النضج:** نقص البوتاسيوم يؤخر نضج النبات وأن النباتات المزودة بكميات كافية من البوتاسيوم تنضج في وقت مبكر.

أعراض نقص البوتاسيوم:

إن أهم أعراض نقص البوتاسيوم هي اصفرار الأوراق وقممها باللون البني ثم جفاف هذه المناطق. وهذه الأعراض تبدو في البداية على قمم الأوراق فتتلون باللون البني وتصفر

المسافات بين العروق وقد تبدو كبقع بنية أو مصفرة مركزة حول محيط الورقة وقمتها. ويرافق ذلك ضعف السيقان النباتية ووقف النمو.

من النباتات التي تحتاج لكميات كبيرة من البوتاسيوم : سبانخ ، فطر ، شوندر، بطاطا

الأسمدة البوتاسية:

الكارناليت (كلوريد البوتاسيوم والمغنزيوم مع ٦ ذرات ماء)

ويعد السلفيت أهم المعادن من الناحية الاقتصادية ويوجد في الطبيعة ممزوجا مع الهاليت صورة Halite ويسمى المزيج.

والسلفنيت من أهم معادن البوتاسيوم المستعملة في تخصيب الترب الزراعية وصناعة الأسمدة البوتاسية.

من أهم الأسمدة المستعملة:

١. **كلوريد البوتاسيوم KCL:** من الأسمدة المستعملة تجاريا لأن تصنيع هذ السماد لا يحتاج إلى طاقة كبيرة مقارنة بالطاقة اللازمة لتصنيع سلفات البوتاسيوم ونترات البوتاسيوم.

يحتوي على نسبة عالية من البوتاسيوم 50% وذوبانه بالماء 35%

على الرغم من انتشاره الواسع إلا أن وجوده فيه يبقى غير مرغوب لسرعة دخوله للنبات مما يؤدي إلى ضعف إنتاج محصول البطاطا تدني نوعية أوراق التبغ.

٢. **سلفات البوتاسيوم K_2SO_4:** يصنع من مفاعلة حمض الكبريت مع كلوريد البوتاسيوم ويحتوي سلفات البوتاسيوم من ٤١ – ٤٤% K أو ٥٠ – ٥٣% K_2O وفق المعادلة:

$$H_2SO_4 + 2KCL \rightarrow K_2SO_4 + 2HCL$$

المادة الفعالة : 54%

٣. **سماد نترات البوتاسيوم KNO_3:** ينتج عن هذا السماد عن مفاعلة حمض الأزوت مع كلوريد البوتاسيوم ويحتوي بحدود ٣٨% K و٤٦% K_2O و١٤% N ويعد هذا السماد من أغلى الأسمدة البوتاسية سعرا ويستعمل هذا السماد للمحاصيل التي يضر بها وجود الكلور

وأن هنالك بعض النفايات الصناعية التي تستعمل سمادا بوتاسيا ومنها الرماد من بوتاسيوم قد تكون نسبته أقل مما هو عليه في الأسمدة البوتاسية الأخرى

المادة الفعالة :46%

<u>حركة الأسمدة البوتاسية في التربة:</u>

تعد معظم الأسمدة البوتاسية قابلة للذوبان في الماء وعند إضافتها للتربة تذوب في محلولها. وإن أغلب البوتاسيوم المتحرر من الأسمدة المضافة تمتز على غرويات التربة وعلى بعض المعادن الأولية وربما يختلف الوضع بالنسبة للترب الخشنة (الخفيفة) والرملية ذات السعة التبادلية المنخفضة.

الثبيت الفوسفاتي: عملية تحويل البوتاسيوم من الطور السائل (محلول التربة) إلى الطور الصلب.

امتصاص K في التربة: ذائب > متبادل > مثبت > الذي يدخل بتكوين الفلزات مع مرور الزمن.

ماهي المبادئ العامة للتسميد البوتاسي:

تحتاج النباتات الجذرية والدرنية والسكرية والكرمة والنباتات الزيتية إلى تراكيز كبيرة من البوتاسيوم؟؟ وذلك لأهميته في عمليات اصطناع والزيوت.

وتعد الأسمدة البوتاسية كلها أسمدة أساس نترات البوتاسيوم وسلفات البوتاسيوم.

أهم النصائح الواجب اتباعها عند استعمال الأسمدة البوتاسية في تخصيب الترب الزراعية:

١. عند تسميد الترب خفيفة النسيج الفقيرة بالبوتاسيوم يفضل تجزئة السماد البوتاسي بحيث يضاف ثلثا الكمية في فصل الخريف ويضاف الثلث الباقي في فصل الربيع
٢. عند تسميد المراعي: يفضل تجزئة الجرعة السمادية لأن إضافة السماد البوتاسي مرة واحدة وبكميات كبيرة نسبيا في بداية موسم النمو تجعل النموات النباتية الحديثة تحتوي على كميات كبيرة من هذا العنصر لذا يفضل أن تسمد نباتات المراعي في الخريف يتبعها تسميد أخر في الربيع.
٣. في حالة المحاصيل تعطى الجرعة الثالثة من البوتاسيوم في طور الإشطاء على صورة سماد بسيط أو مركب (N . P . K).
٤. تتعلق أفضلية سماد على أخر من الأسمدة البوتاسية على كمية عنصر البوتاسيوم في السماد وسعر الوحدة السمادية للبوتاسيوم المراد إضافتها للتربة

الكالسيوم في التربة والنبات:

يعد الكالسيوم إضافة إلى دوره الأساسي في نمو النبات وتطوره ، من أهم العناصر التي تؤثر إيجابياً في الخصائص الفيزيائية للتربة ، وأن أملاحه من أفضل المركبات المستعملة في تحسين كل من الترب الحامضية والقوية واستصلاحها.

حالات الكالسيوم في التربة:

يوجد الكالسيوم في التربة بحالات متعددة منها:

١. **الكالسيوم المرتبط:** يقصد به الكالسيوم الداخل في تركيب المعادن صعبة الذوبان.

٢. **الكالسيوم الممتز:** وتتمثل هذه الحالة بشوارد الكالسيوم الممتز على غرويات التربة المعدنية والعضوية. وتنخفض نسبة الكالسيوم الممتز في الترب الحامضية وفي ترب المناخات الرطبة.

٣. **الكالسيوم الذائب:** ويعني الكالسيوم الذائب في محلول التربة أو الكالسيوم الموجود على صورة أملاح قابلة للذوبان في محلول التربة.

٤. **الكلس الفعال:** وتضم حبيبات كربونات الكالسيوم التي أبعادها تماثل أبعاد حبيبات الطين إضافة إلى كل من الكالسيوم الممتز والكالسيوم الذائب.

تتوقف قابلية إفادة الكالسيوم للنبات على العوامل التالية:

١. الكميات المتبادلة الموجودة من الكالسيوم.
٢. درجة تشبع غرويات التربة.
٣. نوع غرويات التربة.
٤. الأيون المرافق الممتز

أشكال الكالسيوم وكميته في النبات:

يوجد الكالسيوم في رماد جميع النباتات المزروعة دون استثناء بنسب مختلفة باختلاف نوع النبات.

ويوجد الكالسيوم في النبات على شكل مركبات ذوابة أو غير ذوابة. وتعد أكزالات الكالسيوم من أكثر هذه المركبات انتشاراً في النباتات.

وتحتوي الأوراق بصورة عامة على نسبة من الكالسيوم أعلى مما تحتويه البذور ، لذلك فإن نسبة الكالسيوم في الخضار الورقية أعلى منها في المحاصيل.

الكالسيوم عنصر كسول.

دور الكالسيوم في النبات:

١. يشجع قدرة الخلايا على الاصطفاء عند امتصاصها للعناصر لأنه يدخل في تركيب الصفيحة الوسطى لأغشية الخلية النباتية بصورة بكتات الكالسيوم ، وهي المسؤولة عن عدم انحلال الملاط في الأغلفة الهيكلية.
٢. تحتوي القمم النامية للجذور على كميات كبيرة من هذا العنصر وهو دليل عل أنه ضروري لعمليات الانقسام الخلوي.
٣. يعمل على ترسيب المواد السامة التي يفرزها النبات كأملاح كالسيوم.
٤. يمنع انتباج البلازما ويخفض من نفاذية الأغشية الخلوية فيتوقف دخول بعض الأيونات.
٥. يشجع دخول بعض العناصر مثل الموليبدين.
٦. يشجع التعرق في النباتات.
٧. يعدل الحموضة العضوية.
٨. يشجع نمو المجموع الجذري وقدرته على الانتشار في التربة.
٩. يؤدي دوراً مهماً في تكوين العقد الجذرية ونمو بعض البقوليات.
١٠. يمنع تسمم النباتات بالبوتاسيوم والصوديوم والمغنيزيوم.

تحمل النباتات للظروف الكلسية: هناك:

١. نباتات أليفة للكلس مثل الجزر والبندورة والشوندر السكري ونباتات الفصيلة الصليبية والفصيلة البقولية.
٢. نباتات كارهة للكلس مثل الترمس وبعض الصنوبريات.

أعراض نقص الكالسيوم وعلاجه:

تظهر أعراض نقص الكالسيوم عادةً في الترب الحامضية.

كما تظهر أعراض نقص الكالسيوم في مزروعات التربة الرملية لانخفاض سعتها التبادلية.

تتجلى أعراض نقص الكالسيوم على النباتات بالمظاهر التالية:

١. يكون النمو الجذري ضعيفاً وتسود أطراف الجذور.
٢. يتوقف تكوين الخلايا الجديدة في النباتات ونظراً لضرورته في تشكيل جدر الخلايا النباتية ، وتموت القمم النامية للأفرع أو البراعم الطرفية.
٣. تظهر بعض البقع الميتة على الأوراق قرب العروق الوسطى تمتد بشكل دائري في وسط الورقة كما هو الحال في البطاطا.
٤. ظهور بقع فلينية بنية اللون تحت قشرة ثمار التفاح عند النضج أو عند التخزين وتزداد نسبة البقع مع الزمن.

يعالج النقص في الترب الرملية المزروعة بالحاصلات المختلفة بصورة غير مباشرة عند التسميد بالسوبر فوسفات إذ يحتوي سماد فوسفات العادي على ١٩% والسوبر فوسفات المركز على ١٤% من الكالسيوم.

المركبات الكلسية المستخدمة لاستصلاح التربة الحامضية والقلوية:

١. المركبات المستعملة في التربة الحامضية:

إن استصلاح التربة الحامضية بإضافة المركبات الكلسية يهدف إلى تعديل حموضة التربة ورفع تركيز القواعد المتبادلة فيها ويستعمل لهذا الغرض:

١) الكلس الحي:

يحتوي على ٩٠ – ٩٥% من CaO (أوكسيد الكالسيوم) ، ويحضر الكلس الحي عادة من معاملة الحجر الكلسي بالحرارة.

٢) الكلس المطفأ:

يحتوي على ٦٥ – ٧٠% من CaO ، يحضر من أكسيد الكالسيوم بإضافة الماء إليه

٣) الكلس المنغنيزي:

يحتوي على ٤٠ – ٥٠% من MgO ويحضر من أكسيد المغنيزيوم بإضافة الماء إليه:

$$MgO + H_2O \xrightarrow{\text{حرارة}} Mg(OH)_2$$

ومن المعروف أن أوكسيد المغنيزيوم ينتج من معاملة الدولوميت حرارياً

٤) الكالسيت (الحجر الكلسي) $CaCO_3$ يحتوي ٧٥ – ٩٨% من $CaCO_3$.

٥) الدولوميت $CaMg(CO_3)_2$.

٦) الحوار الفوسفاتي يحتوي على ٥٠ – ٧٥% من $CaCO_3$ و ١٦ – ١٧% من P_2O_5.

٧) رماد الفحم ويحتوي على ٥٠ – ٦٥% من $CaCO_3$.

٢. المركبات المستعملة في التربة القلوية:

١) أملاح الكالسيوم الذوابة.

٢) أملاح الجبس والجبصين (المشوي).

٣) الفوسفوجبس.

٤) حموض معدنية أو مركبات حامضية.

٥) الكبريت.

ثالثاً: المغنيزيوم في التربة والنبات:

المغنيزيوم أساسي في صنع الكلوروفيل الذي لا بد منه في عملية التمثيل الضوئي.

أشكال المغنيزيوم في التربة:

تشبه أشكال الكالسيوم بدرجة كبيرة ، إذ تشمل:

١. المرتبط.
٢. الممتز.
٣. الذائب.

سلوك المغنيزيوم التربة:

يمكن للنباتات أن تستفيد من المغنيزيوم الذائب والممتز ، ويشبه سلوك المغنيزيوم في التربة سلوك الكالسيوم.

إن نسبة الكالسيوم إلى المغنيزيوم في الطبقة السطحية من الترب الحامضية أعلى بكثير مما هي عليه في الطبقات تحت السطحية ، وتعد نسبة الكالسيوم إلى المغنيزيوم ذات أهمية كبيرة بالنسبة لإفادة النبات.

النسب الواقعة في حدود ٤ كالسيم إلى ١ مغنيزيوم تسمح بامتصاص النبات لكميات كافية من المغنيزيوم.

دور المغنيزيوم في النبات:

يعد المغنيزيوم العنصر المعدني الوحيد الموجود في مادة الكلوروفيل ، ويرتبط المغنيزيوم أيضاً بالحموض العضوية وبلأنيونات المعدنية في النبات.

ويعتقد بأن المغنيزيوم يقوم بدور حامل للفوسفور ليساعده على الانتقال وتشكيل اللسيثين والبروتينات النووية.

فللمغنيزيوم علاقة بتكوين الكربوهيدرات وحركتها من الأوراق في النبات. فالمحتوى المنخفض من الكربوهيدرات في الأوراق التي تفتقر إلى المغنيزيوم دليل على انخفاض معدل التمثيل الضوئي فيها.

أعراض نقص المغنيزيوم:

تظهر أعراض نقص المغنيزيوم في الترب الحامضية والترب الرملية ، وفي المناخات الباردة والرطبة.

وقد تظهر أعراض نقص المغنيزيوم أيضاً في الترب الحامضية المستصلحة بإضافة المركبات الكلسية فقط

وجد أن الحمضيات والأشجار المثمرة المزروعة في الترب الكلسية تستجيب بشكل واضح للتسميد بمركبات المغنيزيوم.

تظهر أعراض نقص المغنيزيوم على الأوراق السفلى للنبات باصفرار أو احمرار على أطراف الأوراق أو بقع ميتة بين عروق الأوراق ، وتمتد أعراض النقص إلى الجزء العلوي من النبات تدريجياً كلما اشتد النقص.

علاج نقص المغنيزيوم:

يعالج نقص المغنيزيوم بإضافة الدولوميت إلى التربة ويمكن استعمال الأليفين والسربنتين أيضاً.

إلا أن سلفات المغنيزيوم تبقى المادة الأوسع استعمالاً لهذا الغرض.

نهاية القسم الأول